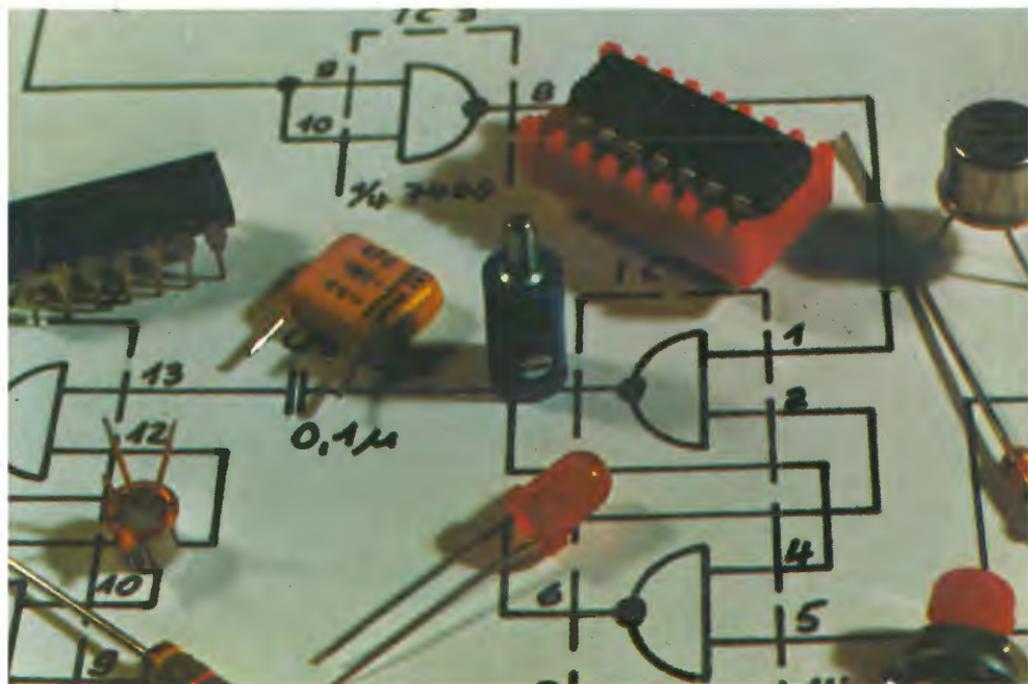
biblioteca
tascabile
elettronica

16

karl-heinz biebersdorf

circuiti dell'elettronica digitale

franco muzzio & c. editore

porte logiche, flip flop,
indicatori, contatori decimali

biblioteca tascabile di elettronica
coordinata da Mauro Boscarol

16

franco muzzio & c. editore

Karl-Heinz Biebersdorf

circuiti dell'elettronica digitale

Porte logiche, flip flop, indicatori, contatori decimali

con 50 disegni
nel testo
e 13 foto su 4 tavole

franco muzzio & c. editore

Circuiti dell'elettronica digitale

Introduzione

Non è necessario chiarire l'importanza della tecnica digitale nell'ambito della moderna elettronica. Essa costituisce un punto qualificato per tecnici, professionisti e dilettanti. La sua conoscenza infatti permette di comprendere il funzionamento degli strumenti elettronici più moderni e sofisticati.

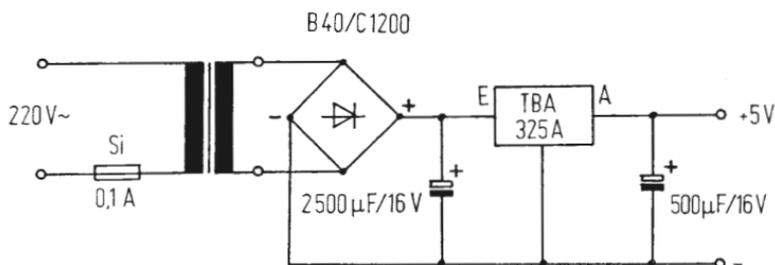
Questo nuovo volume della «biblioteca tascabile di elettronica» offre a tutti i dilettanti l'opportunità di venire a conoscenza di termini tecnici e concetti relativi all'elettronica digitale.

Il libro è concepito come una introduzione che parte da zero e si addentra notevolmente nella materia permettendo di realizzare parecchi strumenti digitali.

Il dilettante che dedicherà alcune ore alla lettura di questo volume potrà così arricchire notevolmente la propria cultura tecnica e fare un ulteriore passo in direzione della sua specializzazione.

1. Alimentatori

1. 1 Alimentatore stabilizzato 5 V

Per l'alimentazione dei circuiti sperimentali utilizzeremo un alimentatore stabilizzato. Poichè i circuiti integrati digitali TTL (= Transistor-Transistor-Logic) funzionano in genere con una tensione di alimentazione di + 5 V, le prime indicazioni di costruzione si riferiscono ad un alimentatore stabilizzato da 5 V.
Come indica la fig. 1.1, per la stabilizzazione si usa solo il

Elenco dei componenti di fig. 1.1

1 Regolatore di tensione TBA 325 A
1 Dissipatore termico 46 × 46 mm
1 Raddrizzatore B 40/C 1200
1 Condensatore 2500 µF/16 V
1 Condensatore 500 µF/16 V
1 Zoccolo per transistore TO-3
1 Isolante per TO-3
1 Trasformatore 220 V/8 V
1 Fusibile 0,1 A
1 Portafusibile
1 Cavo con spina
2 Cavi di circa 20 cm con spine miniatura
2 Boccole
3 Boccole isolate rosse
3 Boccolo isolate blu
1 Piastrina 76 × 76 mm

Fig. 1.1 Circuito dell'alimentatore da 5 V

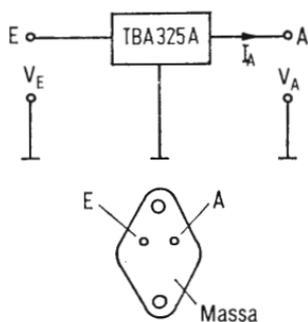



Fig. 1.2 Terminali del regolatore di tensione TBA 325 A

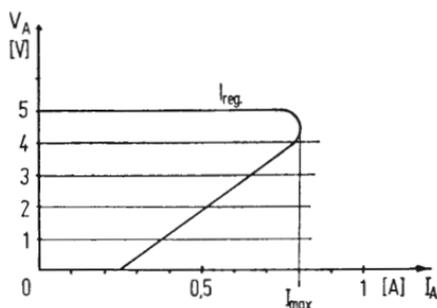



Fig. 1.3 Caratteristica di regolazione e corrente d'uscita massimale

regolatore di tensione integrato TBA 325 A. Esso consiste in principio di un amplificatore di regolazione, di un transistore di potenza e di un circuito di protezione dal sovraccarico. L'alimentatore è protetto dai cortocircuiti, dal sovraccarico termico e, grazie al piccolo numero di componenti necessari, non è critico nella costruzione.

La fig. 1.2 mostra i terminali del regolatore di tensione, contenuto in un contenitore TO-3. La tensione di ingresso del TBA 325 A deve stare tra 7 e 20 V, ad una corrente di uscita massima di 0,8 A (vedi fig. 1.3). Come trasformatore si può utilizzare un normale trasformatore da campanello con tensione al secondario di 8 V, nel cui involucro viene inserito il fusibile da 0,1 A.

Il circuito con il raddrizzatore, il TBA 325 A e i due condensatori elettrolitici viene costruito su di una piastrina di Resopal e collegato ai piedini del TO-3 e alle rispettive boccole (vedi foto 2, tavola 1). Le dimensioni della piastrina dovranno essere adatte al contenitore che si vorrà utilizzare. È importante che il regolatore di tensione venga isolato dal dissi-

patore mediante un disco di mica, poichè altrimenti il circuito non funziona. Al posto del regolatore TBA 325 A si può usare anche il tipo LM 309 K.

1. 2 Alimentatore regolabile 5-12 V

Nei circuiti con componenti discreti, è talvolta desiderabile avere un alimentatore regolabile, per poter lavorare con tensioni diverse. Ma anche le tensioni di alimentazione dei componenti digitali integrati MOS e CMOS (MOS = Metal Oxide Semiconductor; CMOS = Complementary Metal Oxide Semiconductor) variano entro ampi limiti (da 3 a circa 15 V).
L'alimentatore descritto nel paragrafo precedente può, con pochi componenti, venir trasformato in un alimentatore regolabile tra 5 e 12 V. Il circuito è presentato in fig. 1.4. Come transistore si può usare un tipo pnp planare al silicio di media potenza (per esempio 2N 2905). Inoltre è necessaria una resistenza da 1 kΩ e un potenziometro da 1 kΩ. Questi tre componenti possono venir inseriti nell'involucro e collegati volanti.

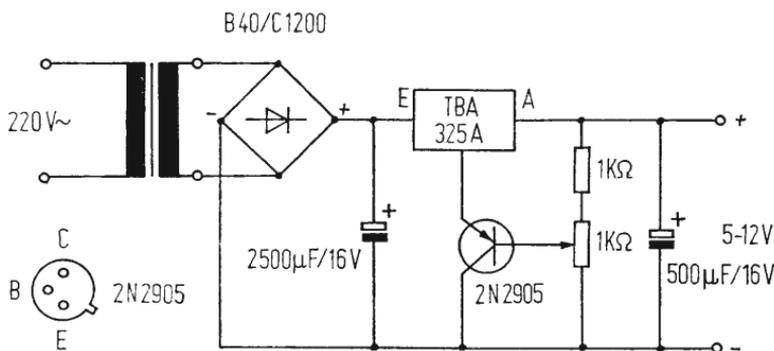



Fig. 1.4 Circuito dell'alimentatore regolabile

2 Adattatore per IC

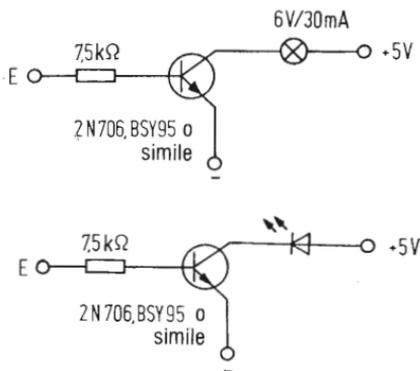
Gli IC digitali vengono offerti principalmente in involucri «Dual-In-Line» (DIL) con 14, 16 o 24 piedini disposti su due file. Gli schemi dei piedini di questi componenti sono sempre presentati con la vista dall'alto, contrariamente a quelli dei transistori. Inoltre, la numerazione dei terminali si effettua da sinistra in basso, in senso antiorario. Per la verifica dei singoli circuiti integrati e per la costruzione di circuiti sperimentali ci è necessario un adattatore, per collegare i singoli terminali degli IC. La foto 3 di tavola 1 indica un adattatore con tre zoccoli da 16 terminali. I terminali sono collegati ognuno con una boccola. Come sostegno per gli zoccoli e le boccole si utilizza una piastrina di Resopal (dimensioni 76 × 156 mm), i corrispondenti piedini sono collegati tra di loro. Naturalmente si può realizzare anche un circuito stampato delle stesse dimensioni.
Se si debbono costruire degli estesi circuiti con IC, si realizza la quantità necessaria di adattatori. Occorre però notare che i normali integrati TTL hanno un consumo di potenza tra 40 e 200 mW, cosí che con l'alimentatore da 5 V si possono alimentare fino ad un massimo di 10-15 IC.

Elenco dei componenti per l'adattatore

1 Piastrina 76 × 156 mm
3 Zoccoli per IC da 16 piedini
48 Boccole miniatura

3 Circuito indicatore

Lo stato logico di una porta (L = low = tensione nulla; H = high = tensione) si può rendere visibile con un circuito indicatore.
Il fattore di carico di uscita (fan-out) di un circuito logico dà il numero di ingressi collegabili all'uscita del circuito logico. Fan-out 10 significa che con una uscita si possono pilotare altre dieci porte. Tuttavia per rendere visibile la condizione statica di una uscita di una porta, non si può usare semplicemente una lampadina da 6 V o un diodo luminescente. Una lampadina da 6 V o un diodo luminescente richiedono circa da 20 a 50 mA per il loro funzionamento, ma una uscita di porta non può venire così sovraccaricata. Perciò dobbiamo inserire un transistore commutatore (per esempio 2 N 706, BSY 95 o simile) che viene pilotato da un segnale H. Ora la corrente è sufficiente ad azionare una lampadina da 6 V o un diodo luminescente (vedi fig. 3. 1). L'inconveniente dei diodi luminescenti è la ridotta tensione inversa (V_R = 3 V, attenzione alla polarità). La foto 4 di tavola 1 mostra il cir-

Fig. 3.1 Circuito indicatore per lampadine 6 V o diodi luminescenti

Elenco dei componenti per l'adattatore

1 Piastrina 36 × 156 mm
5 Portalampade per E 5,5 (da circuiti stampati)
5 Piccole lampadine 6V/30 mA
5 Transistori 2 N 706, BSY 95 o simili
5 Resistenze 7,5 K Ω
5 Boccole miniatura
2 Boccole isolate, rossa e blu

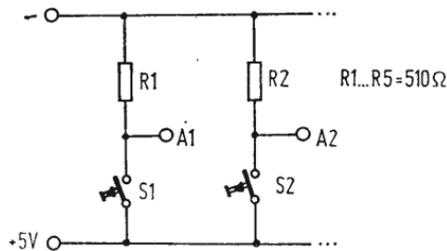
cuito completo e il collegamento alle boccole. Ci sono cinque lampadine montate su di una piastra di Resopal di 36 × 156 mm.

4 Semplice generatore di segnali

Per la verifica di semplici circuiti logici, per esempio di una porta NAND, dobbiamo applicare ai suoi ingressi delle tensioni ben definite, corrispondenti agli stati logici L (= tensione zero) e H (= tensione). A questo scopo realizziamo un semplice generatore di segnali con cinque pulsanti. Alle uscite possiamo prelevare uno stato logico L o uno stato logico H. Il semplice circuito è indicato in fig. 4. 1. Sono disegnati solo due pulsanti del circuito completo. Le resistenze servono per la limitazione della tensione.

Elenco dei componenti per il generatore di segnali di fig. 4.1

5 Pulsanti unipolari
5 Boccole
2 Boccole isolate, rossa e blu
5 Resistenze 510Ω
1 Piastrina 36 × 156 mm

Fig. 4.1 Circuito di un semplice generatore di segnali

5 Una piastra per esperimenti con componenti discreti

Se si devono collegare assieme IC con componenti discreti (resistenze, condensatori), per esempio per la realizzazione di un multivibratore astabile, deve esserci la possibilità di poter semplicemente inserire (senza saldature) nel circuito le resistenze o i condensatori. A ciò serve la piastra di foto 5, tavola 2, che consiste fondamentalmente di sei zoccoli. I contatti degli zoccoli sono collegati fra loro come nella foto 6, tavola 2 e ad ognuno è saldata una boccola. Cosí si possono infilare nei contatti resistenze e condensatori, ma anche diodi e transistori, collegandoli mediante cavi ai terminali degli IC. Lateralmente alla piastrina in Resopal da 76-156 mm sono collegate 3 boccole blu e 3 boccole rosse, le une con le altre, che servono da punti di appoggio per l'alimentazione di tensione.

Elenco dei componenti per la piastra da esperimenti

1 Piastrina 76 × 156 mm
6 Zoccoli
30 Boccole
3 Boccole isolate rosse
3 Boccole isolate blu

6 Interruttore senza rimbalzi

Per verificare determinati circuiti digitali (flip-flop JK, contatori ed altri) servono interruttori assolutamente senza rimbalzi, con salto di tensione molto preciso (i semplici interruttori come i pulsanti del cap. 4 tendono a rimbalzare). Allo scopo utilizziamo un commutatore unipolare (vedi fig. 6. 1) che agisce su di un semplice flip-flop RS. Poichè il flip-flop ha una ripidità di fronte sufficientemente elevata, pure alle uscite A1 e A2 otteniamo una elevata ripidità, con un ben definito salto di tensione, secondo la posizione del commutatore, L-H o H-L.
La fig. 6. 2 indica la costruzione di un interruttore realizzato con il 7400, le cui quattro porte NAND sono sufficienti per due interruttori senza rimbalzi. Gli stati logici delle uscite

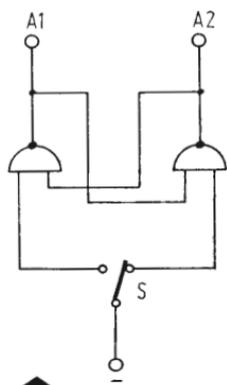



Fig. 6.1 Principio di un interruttore senza rimbalzi

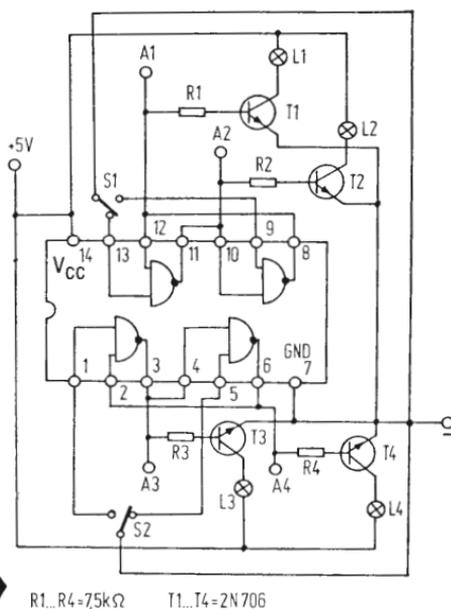



Fig. 6.2 Due interruttori senza rimbalzi con un 7400

Elenco dei componenti per l'interruttore senza rimbalzi di fig. 6.2

1 7400
1 Zoccolo per IC da 14 piedini
2 Commutatori unipolari
4 Transistori 2 N 706 o simili
4 Resistenze 7,5 k Ω
4 Piccole lampadine 6 V/30 mA
4 Portalampade
4 Boccole miniatura
2 Boccole isolate, rossa e blu
1 Piastrina 76 × 116 mm

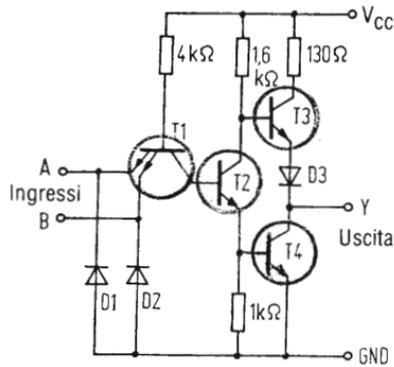
vengono indicati mediante uno stadio pilota con una lampadina. La foto 7 di tavola 3 mostra il collegamento del circuito.
Il 7400 è il primo IC della serie TTL 74, prodotto da diverse case.
Lo schema dei terminali è riportato in fig. 6.2. Le porte NAND sono porte cosiddette universali. Con esse si possono realizzare le altre funzioni logiche come AND, OR, NOR, NOT (invertitore) e anche OR esclusivo. NAND è una abbreviazione di NOT AND (non e). La fig. 6.3 mostra il simbolo

Fig. 6.3 Simbolo logico di una porta NAND

logico di una porta NAND. La tabella di verità di un NAND è questa:

x_2	x_1	y
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L

Da questa tabella vediamo che x_1 e x_2 devono essere su H affinchè all'uscita si possa prelevare un segnale L. Possiamo

Fig. 6.4 Schema del circuito di una porta NAND nel 7400

verificare ciò con il generatore di segnali (cap. 4) e il circuito indicatore (cap. 3). Il circuito effettivo di una porta NAND del 7400 è indicato in fig. 6.4.

Il transistore di ingresso T1 è un cosiddetto transistore multiemettitore. Esso può avere, come nel 7430, fino ad otto emettitori. In questo caso T1 ha due emettitori, il che corrisponde a due ingressi. Se ad un ingresso o ad ambedue è applicato un potenziale L (il che corrisponde ad una tensione di ingresso bassa), fluisce una corrente di polarizzazione che manda in conduzione la giunzione collettore-emettitore. La tensione al collettore differisce ora dalla tensione di ingresso di 0,3-0,4 V, corrispondenti alla tensione di saturazione di collettore. Il seguente transistore T2 è perciò interdetto. Al suo collettore vi è circa la tensione V_{CC}, mentre il transistore di uscita T3 va in conduzione. Il transistore T4 è interdetto, poichè la sua base è a potenziale zero. All'uscita Y si può misurare un segnale H. La tensione è uguale a V_{CC} meno la tensione di saturazione di collettore di T3 e la tensione di soglia del diodo D3. Se l'uscita viene caricata sullo stato H, la corrente di carico genera alla resistenza di collettore di T3 una caduta di tensione, che riduce la tensione di uscita.

Se ai due emettitori di T1 è applicato un segnale H, la giunzione base-emettitore è interdetta. La giunzione base-collettore è in conduzione, nel verso di conduzione fluisce corrente che manda in conduzione il transistore T2. A T4 è applicata una tensione di polarizzazione e va in conduzione. T3 viene interdetto. All'uscita Y si misura uno stato L.

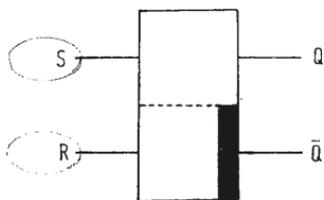



Fig. 6.5 Simbolo logico di un flip flop RS

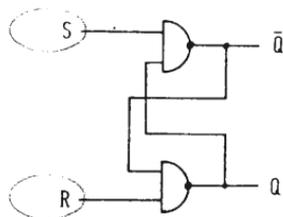



Fig. 6.6 Flip flop RS con due porte NAND

Una particolarità dello stadio di ingresso consiste nel fatto che i due ingressi scollegati corrispondono ad un collegamento con il segnale H. I diodi D1 e D2 devono proteggere il circuito di ingresso dai picchi di tensione negativa.
Ora ancora alcuni chiarimenti sul flip-flop RS (vedi fig. 6.1). Il simbolo logico è indicato in fig. 6.5. Gli ingressi vengono indicati con S (Set = mettere) e R (Reset = rimettere), le uscite con Q e $\overline{Q}$ (Q negato). Il segno indica la negazione, cioè $\overline{Q}$ è sempre il contrario di Q. Un flip-flop RS (multivibratore bistabile) può venir realizzato con due porte NAND

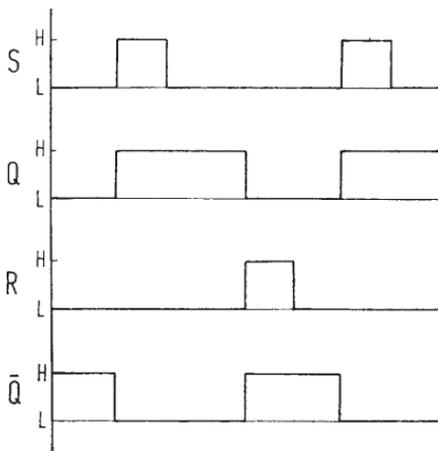
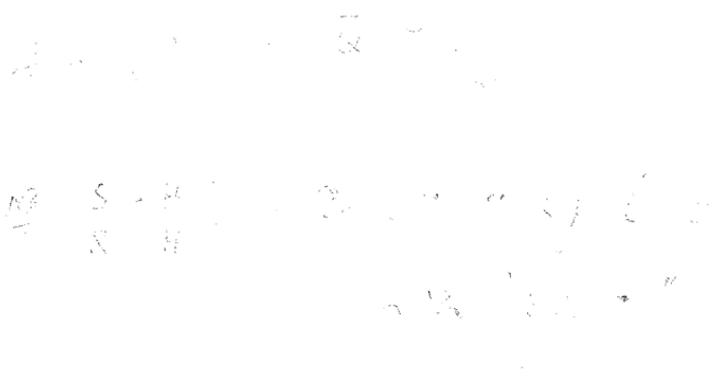



Fig. 6.7 Diagramma degli impulsi di un flip flop RS

S	R	$\overline{Q}$	Q
H	L	L	H
L	H	H	L
H	H	nessuna variazione	
L	L	irregolare	

(fig. 6.6). Esso ha due stati instabili, che possono venir commutati solo variando il livello di ingresso. Vediamo che un segnale H applicato ad R pone l'uscita $\overline{Q}$ su H. Se S = H e R = H non vi è alcuna variazione dello stato. Lo stato S = L e R = L è irregolare, poichè in tal caso sia a Q che a $\overline{Q}$ si può prelevare un segnale H; le due uscite non sono più complementari. Il diagramma degli impulsi di un flip-flop RS è riportato in fig. 6.7.

7 Funzioni fondamentali con porte NAND

Con le quattro porte NAND di un 7400 possiamo realizzare le funzioni logiche NOT (invertitore), AND, OR, NOR e OR esclusivo, servendoci del circuito di prova già descritto e costruendo di volta in volta le tabelle funzionali. Per l'utilizzatore di circuiti logici, vi è il vantaggio di realizzare funzioni logiche praticamente con un unico tipo di porta, sebbene vengano realizzati specifici IC con i diversi tipi di porte.

7. 1 Funzione NOT con NAND

La funzione di negazione si può realizzare molto semplicemente con una porta NAND, collegando assieme gli ingressi (fig. 7. 1). La fig. 7. 2 mostra il simbolo di un invertitore

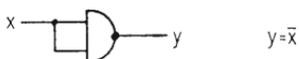



Fig. 7.1 Funzione NOT con una porta NAND

Fig. 7.2 Simbolo logico di un invertitore

(stadio di inversione). Collegando in serie due invertitori, il segnale di ingresso viene invertito due volte; esso appare all'uscita con lo stesso valore:

$$y = \bar{\bar{x}} = x.$$

7. 2 Funzione AND con NAND

Una porta NAND (NOT AND = non e) consiste di una porta AND e di un invertitore in serie. Abbiamo appena visto che un segnale doppiamente invertito conserva il suo valore

originario. Da una funzione NAND si può formare una funzione AND collegando in serie dopo la porta NAND un in-

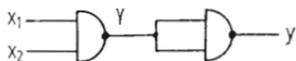



Fig. 7.3 Funzione AND con due porte NAND Fig. 7.4 Simbolo di una porta NAND

vertitore (fig. 7.3). La fig. 7.4 indica il simbolo di una porta AND.

x_2	x_1	Y	y
L	L	H	L
L	H	H	L
H	L	H	L
H	H	L	H

$$Y = \overline{x_1 \cdot x_2}$$
$$y = \overline{\overline{x_1 \cdot x_2}}$$
$$y = x_1 \cdot x_2$$

(. significa secondo le regole dell'algebra booleana *e,* + significa *o)*

7. 3 Funzione OR con NAND

Da tre porte NAND si può ricavare una funzione OR. La otteniamo collegando due porte NAND come invertitori e prima degli ingressi della terza porta NAND (fig. 7.5). La fig. 7.6 indica il simbolo di una porta OR.

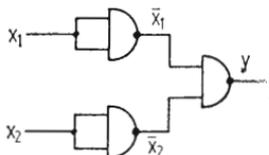



Fig. 7.5 Funzione OR con tre porte NAND Fig. 7.6 Simbolo logico di una porta OR

x_2	x_1	$\overline{x_2}$	$\overline{x_1}$	y
L	L	H	H	L
L	H	H	L	H
H	L	L	H	H
H	H	L	L	H

$$y=\overline{\overline{x_1}\cdot\overline{x_2}}=\overline{\overline{x_1}}+\overline{\overline{x_2}}=x_1+x_2$$

In questa uguaglianza di funzioni è stata utilizzata la regola di De Morgan:
Break the bar and change the sign = spezza la barra e cambia il simbolo.

7. 4 Funzione NOR con NAND

NOR è l'abbreviazione di NOT OR (non o). Una funzione NOR si può realizzare collegando in parallelo una porta OR e uno stadio invertitore. La funzione OR viene realizzata con tre porte NAND e la quarta porta NAND si usa come inver-

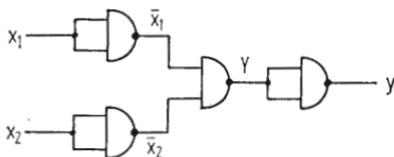



Fig. 7.7 Funzione NOR con quattro porte NAND

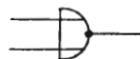



Fig. 7.8 Simbolo logico di una porta NOR

titore (fig. 7.7). La fig. 7.8 indica il simbolo di una porta NOR. la tabella funzionale è simile a quella dell'OR, ma tutti i valori y sono negati.

$$y=\overline{x_1+x_2}$$

7. 5 Funzione OR esclusivo con NAND

Una funzione OR esclusivo con quattro porte NAND è riportata in fig. 7.9. In fig. 7.10 è riportato il simbolo logico

Fig. 7.9 Funzione OR esclusivo con quattro porte NAND

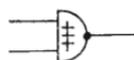



Fig. 7.10 Simbolo logico dell'OR esclusivo

per una funzione OR esclusivo. La seguente è la tabella funzionale di un OR esclusivo.

x_2	x_1	y
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

La differenza dell'OR esclusivo con il normale OR consiste nel fatto che all'uscita si può prelevare un segnale L se agli ingressi x_1 e x_2 sono applicati segnali uguali.
Abbiamo parlato solo di porte NAND con due ingressi. I produttori forniscono però integrati con porte NAND che hanno fino ad otto ingressi. Inoltre vi sono IC con cosiddette uscite a collettore «aperto». In essi il collettore del transistore di uscita non è collegato alla tensione di alimentazione V_{CC} con una resistenza di carico, bensì è «aperto». Nella verifica o nell'utilizzazione di IC a collettore aperto la resisten-

za di carico (da 1 a 2 kΩ) deve venir collegata dall'esterno al-l'uscita, perchè possa fluire corrente attraverso il transistore d'uscita.

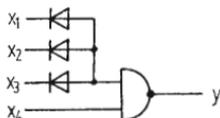



Fig. 7.11 Ampliamento di una porta NAND a quattro ingressi

Se una porta NAND a due ingressi deve venir ampliata fino a, per esempio, quattro ingressi, si possono collegare tre diodi come in fig. 7.11 ad un ingresso, e si ottengono quattro ingressi da x_1 a x_4.

8 Generatore di clock

I generatori di clock (multivibratori astabili) generano impulsi rettangolari di frequenza fissata, che comandano la temporizzazione nei circuiti digitali (per esempio un conteggio).

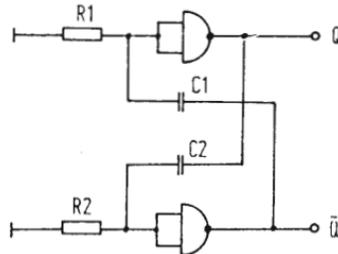
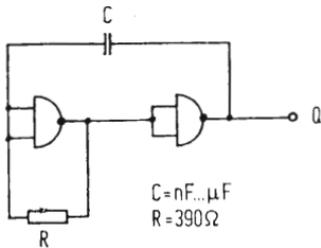



Fig. 8.11 a sinistra e Fig. 8.2 a destra: Due multivibratori astabili con due porte NAND

C1=C2=nF...µF R1=R2=2,2kΩ

In fig. 8.1 e 8.2 sono riportati semplici multivibratori astabili con porte NAND. La frequenza degli impulsi è regolabile in una vasta gamma agendo sul condensatore o sui condensatori (gamma dai nano fino ai micro). La durata degli impulsi dipende dai condensatori di contraccoppiamento e dalle resistenze.
In fig. 8. 3 è indicata una successione di impulsi. Il periodo

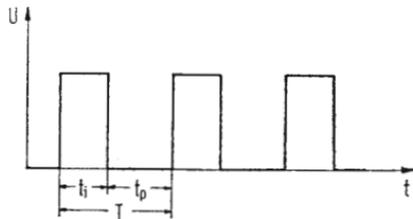
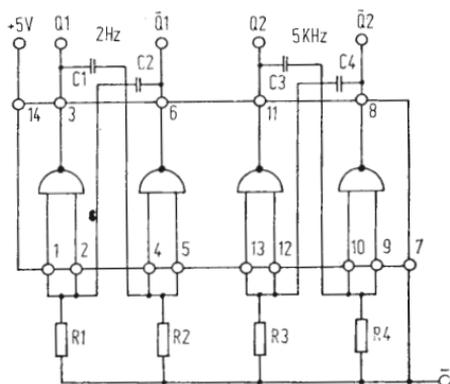



Fig. 8.3 Successione degli impulsi

T degli impulsi si ottiene sommando la durata di un impulso t_i e la durata della pausa t_p

$$T = t_i + t_p.$$

La frequenza degli impulsi è $f = 1/T$, il rapporto d'impulso v si ottiene da t_i e t: $v = T/t_i$.
La fig. 8.4 mostra un circuito con un 7400 secondo il quale si possono costruire due generatori di clock per i nostri circuiti sperimentali. Con i valori R1 = R2 = 3 kΩ e C1 = = C2 = 100 nF si ottiene una frequenza di circa 2 Hz. Tale frequenza è adatta per la verifica e il funzionamento di flip-flop e contatori poichè gli stati di uscita possono venir rilevati otticamente, in collegamento con il circuito indicatore o un indicatore a sette segmenti.
Con i valori R3 = R4 = 1,6 kΩ e C3 = C4 = 47 nF si ottengono oscillazioni rettangolari di circa 5 kHz. Con questa frequenza piú alta i circuiti costruiti possono venir verificati con un oscilloscopio. Nella foto 8 di tavola 3 si vede il montaggio del generatore completo.

Fig. 8.4 Due generatori di clock con il 7400

Elenco dei componenti per il generatore di clock di fig. 8.4

1 7400
1 Zoccolo per IC da 14 piedini
2 Condensatori elettrolitici 100μF/16 V
2 Condensatori 47 nF
2 Resistenze 3 kΩ
2 Resistenze 1,6 kΩ
4 Boccole
2 Boccole isolate rossa e blu
1 Piastrina 76 × 76 mm

9 Flip flop

Ci sono diversi tipi di flip-flop (FF) che differiscono tra loro per il tipo di pilotaggio e per le loro utilizzazioni. Abbiamo già conosciuto il flip flop RS nel capitolo 6. Si tratta del FF piú semplice e si può costruire con un controaccoppiamento delle uscite di due porte NAND o NOR. Questo circuito è detto anche «latch».

9.1 Flip flop RS triggerato

Ampliandolo con due porte NAND, un FF RS si trasforma in un FF RS triggerato (fig. 9.1). Oltre agli ingressi statici R e S questo FF possiede un altro ingresso C_p, il cosiddetto ingresso di clock. Il set e il reset del FF mediante gli ingressi RS può avvenire solo in coincidenza dell'impulso di clock in C_p.

Funzionamento: applicando all'ingresso di clock C_p uno stato L, le uscite A e B vanno su H; uno stato H applicato agli ingressi di un FF non altera gli stati delle uscite e dunque rimane memorizzato lo stato precedente. Se l'ingresso S è su H e l'ingresso R è su L, mediante il fronte ascendente (passaggio da L ad H) di un breve impulso di clock, l'uscita A va su L e l'uscita B va su H. Ciò provoca all'uscita Q del FF uno stato H e all'uscita $\bar{Q}$ uno stato L. Quando C_p va su L, A e B tornano su H e le uscite del FF rimangono inalterate.

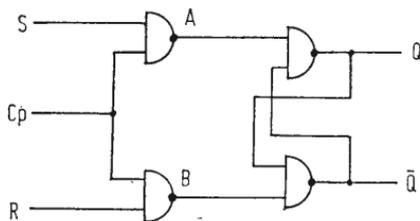



Fig. 9.1 Flip flop RS triggerato da quattro porte NAND

Una variazione agli ingressi R e S non può variare lo stato delle uscite. Solo un nuovo impulso di clock positivo dà cambiamento alle uscite del FF, quando ad R è applicato un segnale H e ad S un segnale L. Osserviamo la seguente tabella:

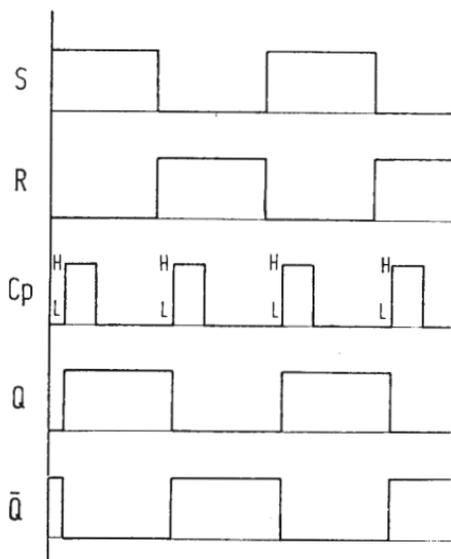
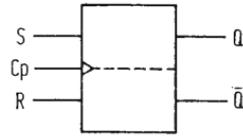
S	R	Cp	A	B	Q	$\overline{Q}$
L	L	L	H	H	nessuna variazione dello stato	
H	L	L	H	H		
L	H	L	H	H		
H	H	L	H	H		
H	L	H	L	H	H	L
L	H	H	H	L	L	H
H	H	H	L	L	H (irregolare)	H

Gli stati S = H e R = H non possono presentarsi quando vi è un impulso di clock. Se vogliamo verificare la tabella funzionale in pratica, possiamo generare l'impulso di clock mediante un interruttore senza rimbalzi.

Fig. 9.2 Diagramma degli impulsi di un flip flop RS triggerato

Così la lampadina indicatrice rende visibili i passaggi L-H e H-L (fronte positivo e negativo). In fig. 9.2 è riportato il diagramma degli impulsi, dal quale si può chiaramente riconoscere il funzionamento di un FF RS triggerato (commutazione del FF solo al fronte positivo di clock e in coincidenza con un segnale H all'ingresso S o R).
Occorre tuttavia fare la seguente osservazione: se l'impulso di clock è più lungo degli impulsi di set o reset il FF commuta solo quando il segnale applicato a C_p è il segnale H.

Fig. 9.3 Simbolo logico di un flip flop RS triggerato

Il simbolo logico di un FF RS triggerato è riportato in fig. 9.3. Il piccolo triangolo indica che l'ingresso di clock C_p lavora sul fronte positivo (passaggio da L ad H). Se l'ingresso di clock C_p lavorasse con fronte negativo (passaggio da H a L) nel simbolo logico il triangolo sarebbe riempito di nero.

9.2 Flip flop JK

Il flip flop JK è l'elemento di memoria più usato. Contrariamente al flip flop RS, in esso è possibile che gli ingressi J e K siano contemporaneamente su H. Come indica la fig. 9.4

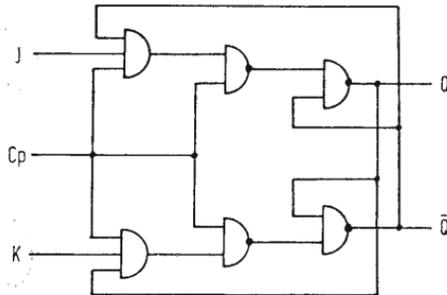



Fig. 9.4 Flip flop JK

esso consiste fondamentalmente di un FF RS triggerato a cui sono collegate altre due porte AND ognuna con un ingresso di predisposizione. Il FF JK viene sempre pilotato dal fronte positivo dell'impulso di clock. La tabella funzionale è molto semplice. È stato tralasciato $\overline{Q}$ poichè questa uscita ha sempre un livello opposto a quello dell'uscita Q.

t_n		t_{n+1}
J	K	Q
L	L	Q_n
L	H	L
H	L	H
H	H	$\overline{Q_n}$

t_n indica lo stato prima dell'impulso di clock, t_{n+1} indica lo stato dopo l'impulso di clock.

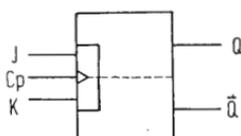



Fig. 9.5 Simbolo logico di un flip flop JK

In fig. 9.5 è riportato il simbolo logico di un FF. Un FF JK integrato è per esempio contenuto nel 7470.

9.3 Flip flop D

Il flip flop D (delay FF) ha un unico ingresso D (fig. 9.6). Come mostra la figura, l'ingresso D è direttamente collegato con J, con K mediante un invertitore. Così agli ingressi J e K

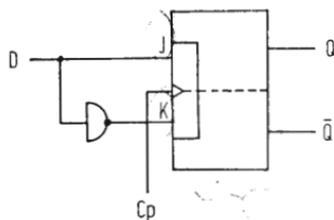



Fig. 9.6 Realizzazione di un flip flop D con un flip flop JK e un invertitore

Foto 1. Piastra sperimentale completa

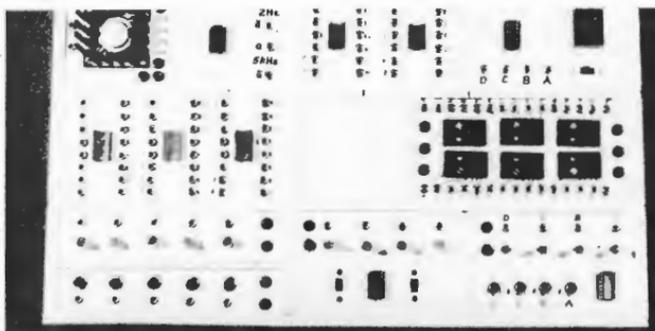



Foto 2. I componenti dell'alimentatore da 5 V vengono collegati alle boccole da sotto

Tavola 1

Foto 3. L'adattatore per IC completo, con tre zoccolo da 16 piedini

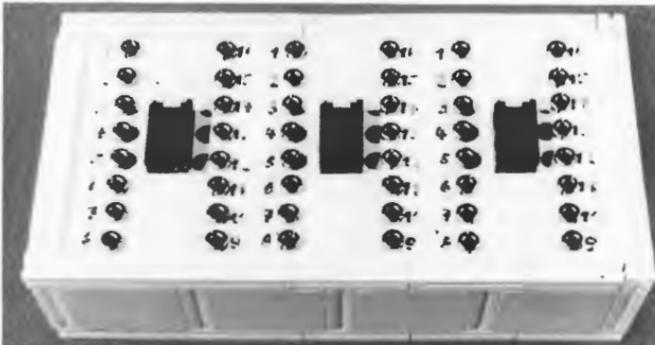



Foto 4. Anche nell'indicatore i componenti possono venir collegati alle boccole e ai portalampada.

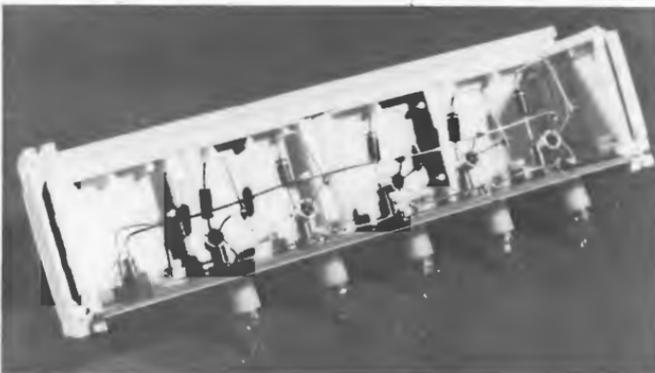
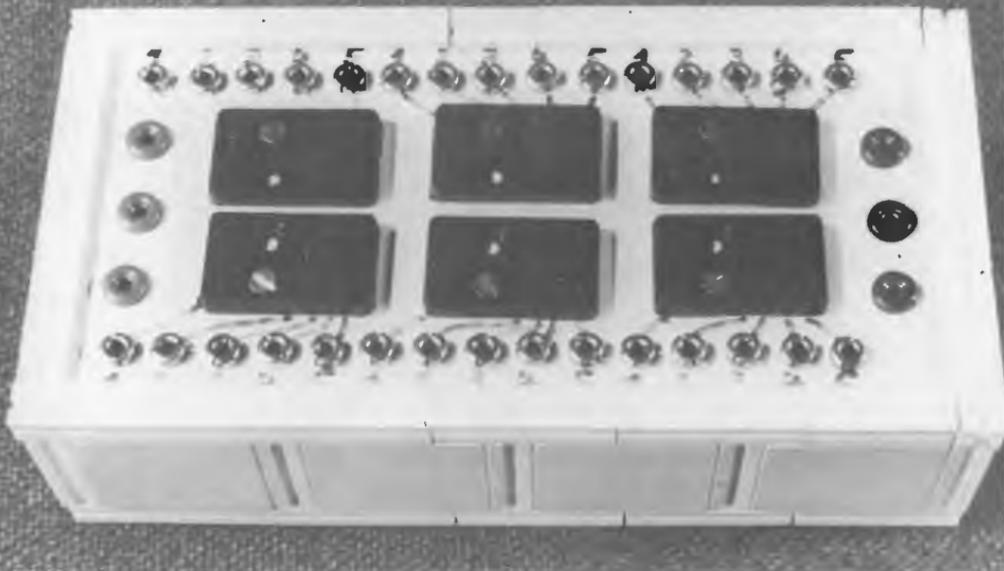
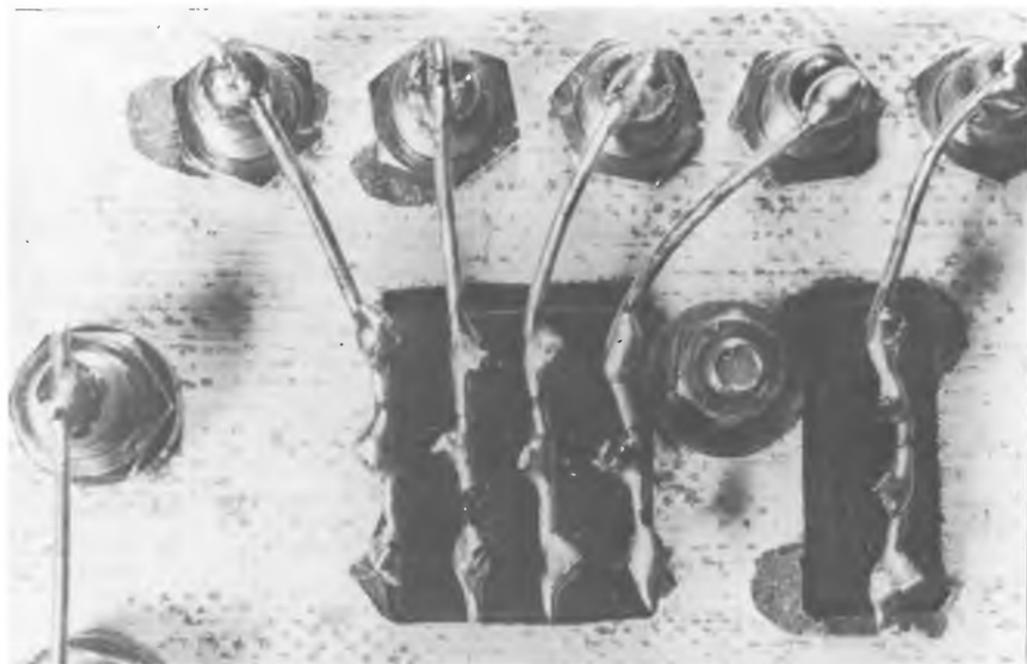



Foto 5. La piastra sperimentale per componenti discreti (transistori, diodi, resistenze e condensatori) consiste di 6 zoccoli. I contatti cono collegati in parallelo e portano alle boccole

Tavola 2

Foto 6. Uno zoccolo vista dalla parte delle saldature. I collegamenti in parallelo si riconoscono facilmente

possono essere applicati solo segnali opposti. L'informazione applicata all'ingresso D viene memorizzata nel FF al prossimo impulso di clock. Ciò si può riconoscere anche dalla seguente tabella funzionale.

t_n	t_{n+1}	
D	Q	$\overline{Q}$
L	L	H
H	H	L

Il FF D è uno speciale FF di memoria e viene utilizzato tra l'altro per registri a scorrimento. Nel 7474 sono contenuti due FF D, mentre nel 7475 ne sono contenuti quattro.

9.4 Flip flop JK master /slave

Fig. 9.7 Circuiti di un flip flop JK MS

Il circuito di un FF JK master/slave è riportato in fig. 9.7. Esso consiste essenzialmente di due FF RS, la prememoria detta anche master (maestro), e di una memoria principale o slave (schiavo).
Il FF JK MS è un FF comandato da due fronti, cioè quello ascendente e quello discendente dell'impulso di clock. In fig. 9.8 sono indicati i quattro punti fondamentali dell'impulso di clock. Al punto 1 il

Fig. 9.8 I punti fondamentali dell'impulso di clock

master viene isolato dallo slave; al punto 2 l'informazione delle porte NAND viene trasportata al master; al punto 3 vengono inibiti gli ingressi NAND; al punto 4 l'informazione viene trasferita dal master allo slave.
IL FF JK MS può lavorare, durante la memorizzazione temporanea, con segnali di clock di qualunque lunghezza.
Funzionamento: Mediante il fronte positivo dell'impulso di clock vengono dapprima interdetti i transistori di accoppiamento tra il master e lo slave (gli emettitori vanno sul positivo). Quindi viene aperta la porta NAND all'ingresso del FF master, al cui terzo ingresso è applicato un segnale logico H. Le informazioni applicate agli ingressi J e K commutano ora il FF master. Mediante il fronte negativo dell'impulso di clock vengono nuovamente interdette le porte d'ingresso e i transistori di accoppiamento vanno in conduzione. Ora il FF slave assume lo stato del FF master. La tabella funzionale è la seguente:

t_n		t_{n+1}	
J	K	Q	$\bar{Q}$
L	L	nessuna variazione	
H	L	H	L
L	H	L	H
H	H	variazione	

Flip flop JK MS integrati sono per esempio il 7472 e il 7473. In fig. 9.9 è riportato il simbolo logico di un FF JK MS. Vi sono indicati, oltre agli ingressi dinamici J e K, anche gli

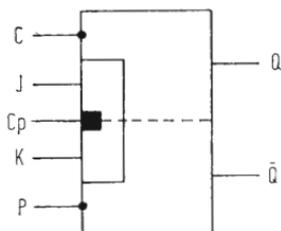



Fig. 9.9 Simbolo logico di un flip flop JK MS

ingressi statici P (preset) e C (clear). Questi ingressi diretti di set e di cancellazione permettono di disporre il FF in un certo stato, indipendentemente dall'impulso di clock e dai segnali applicati agli ingressi J e K. Gli ingressi statici di preset e clear possono essere presenti anche nei FF integrati JK e D.

Fino a che agli ingressi statici sono applicati due segnali H, il circuito ha le stesse caratteristiche di un semplice FF. Quando al preset è applicato un segnale L, in Q è prelevabile un segnale H: il FF è set. Quando al clear è applicato un segnale L, in Q è prelevabile un segnale L: il FF è azzerato. Questo tipo di funzionamento, molto comune in pratica, è giustificato dai seguenti motivi: i circuiti integrati sono in gran parte fabbricati in modo che gli ingressi aperti agiscano come si vi fosse applicato un segnale H. Perciò sarebbe poco opportuno attivare gli ingressi statici del FF con un segnale H, poichè altrimenti gli ingressi inutilizzati non potrebbero più essere lasciati aperti, bensì collegati con L. Per questo il segnale L è stato scelto come segnale di attivazione.

Occorre assicurarsi che, mediante i collegamenti esterni del FF, i due ingressi statici non siano contemporaneamente su L. Qui di seguito riassumiamo il funzionamento:

L applicato a P pone Q su H
L applicato a C pone Q su L
L applicato a P e a C è vietato
H applicato a P e a C non varia lo stato.

10 Indicatore a sette segmenti

I tubi indicatori numerici (Nixie) vengono sempre più sostituiti dai cosiddetti indicatori a sette segmenti, che rispetto ai Nixie non necessitano di una speciale alimentazione di tensione.
Essi vengono collegati con gli alimentatori da 5 V dei circuiti integrati. Come già dice il nome, le cifre vengono formate con sette segmenti luminosi separati. La forma di base consiste in un rettangolo verticale con un segmento orizzontale centrale. La fig. 10.1 mostra questa disposizione caratteristica e la denominazione dei sette segmenti con lettere.

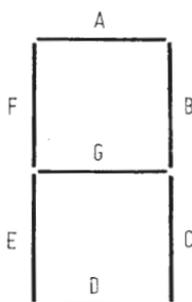



Fig. 10.1 Denominazione dei sette segmenti

Fig. 10.2 Rappresentazione di cifre e lettere

Con i sette segmenti si possono formare le cifre da 0 a 9 e le lettere A, C, E, F, H, J, L, P, S e U (fig. 10.2). I segmenti possono essere costituiti o di filo incandescente (per lo più unipolare collegato in parallelo) o di diodi ad emissione luminosa (Light Emitting Diodes, abbreviato LED), detti anche diodi luminosi. Per pilotare gli indicatori a sette segmenti vengono prevalentemente usati i piloti-decodificatori BCD-7 segmenti 7446 o 7447.

10.1 Minitron 3015 F

Fig. 10.3 Collegamento dei piedini del Minitron 3015 F

Il Minitron 3015 F (vedi foto 9 di tavola 3, a sinistra) possiede sette segmenti incandescenti, in un contenitore a 16 piedini. Il collegamento dei terminali è riportato in fig. 10.3. I piedini 2, 5, 10, 12 e 13 devono venir tutti collegati alla tensione di alimentazione +5 V. Si riconosce per esempio che il numero uno si illumina quando ai piedini 12 o 13 sono applicati +5 V e i piediedini 11 e 14 sono collegati con il negativo. I piedini 1, 8 o 16 debbono essere collegati a massa.
Il consumo di potenza è di 40 mW per segmento, alla tensione di alimentazione di +5 V. Il segmento h si trova a destra in basso e costituisce il punto decimale. L'altezza delle cifre è di mm 9,2.

10.2 Data-Lit 707

Il Data-Lit 707 (foto 9 di tavola 3, nel centro) è un indicatore LED a sette segmenti le cui cifre hanno una altezza di 8 mm. I segmenti luminosi rossi sono costituiti da arseniuro di gallio (GaAs).
Il Data-Lit 707 ha un contenitore con 14 pie-

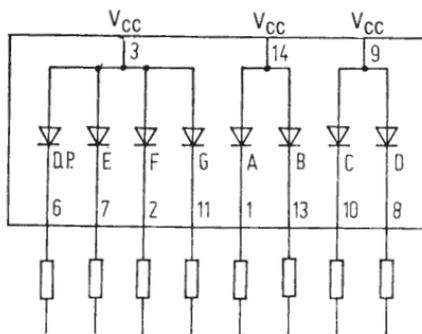



Fig. 10.4 Collegamento dei diodi luminosi del Data-Lit 707

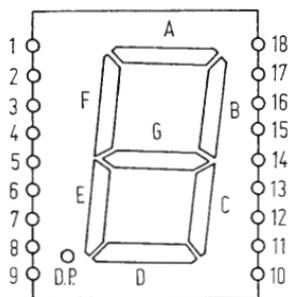
dini. Il collegamento dei singoli diodi luminosi è riportato in fig. 10.4. Poichè la tensione diretta è tipicamente di soli 1,7 V (max 2 V) occorre inserire le resistenze di ingresso indicate. I terminali 3, 9 e 14 vengono collegati assieme. Variando la resistenza di ingresso da 50 a 200Ω si può regolare la luminosità. Sotto a sinistra si trova il punto decimale.

10. 3 Data-Lit 747

L'indicatore LED a sette segmenti Data-Lit 747, ha delle cifre la cui altezza è di 15 mm (vedi foto 9, tavola 3, a destra). In fig. 10.5 sono riportati i terminali. Collegando il piedino 17 alla tensione di alimentazione, non occorre usare gli altri anodi.

Valori limite:

Potenza dissipata P_{tot} a T = 25° C	960 mW
Corrente continua diretta totale I_F	240 mA
— per segmento o punto I_F	30 mA
Tensione inversa V_R	6 V
Tensione diretta	
— per segmento (I_F = 20 mA)	4,0 V
— per il punto decimale (I_F = 20 mA)	2,0 V

Fig. 10.5 Collegamenti dei piedini del Data-Lit 747

pied.	funzione	pied.	funzione
1	manca	10	manca
2	catodo A	11	catodo D
3	catodo F	12	anodo
4	anodo	13	catodo C
5	catodo E	14	catodo G
6	anodo	15	catodo B
7	catodo p.d.	16	non assegnato
8	non assegnato	17	anodo
9	manca	18	manca

Valori di esercizio:

Tensione diretta	
— per segmento (I_F = 20 mA)	tip. 3,4 V
— punto decimale (I_F = 20 mA)	tip. 1,6 V
Corrente inversa (V_R = 6 V)	0,1 μA

Occorre sempre prevedere resistenze di ingresso tra 50 e 200Ω per la limitazione di tensione, quando la tensione di esercizio è di +5 V, uguale per i circuiti TTL.

11 Codifica BCD

Come abbiamo visto finora, con i circuiti digitali si possono rappresentare solo due possibili stati: tensione o non tensione, H o L 1 o 0. Se ora i dati da elaborare sono in forma decimale, occorre prevedere una cosiddetta codificazione delle cifre decimali con gli stati 0/1. Per poter rappresentare le dieci diverse cifre decimali, servono quattro elementi binari. Secondo l'ordinamento scelto, si ottengono i vari codici decimali a quattro bit o codici BCD (Binary Coded Decimal), di cui i più noti sono raccolti in questa tabella.

		Codice 8421	Codice Aiken	Codice Eccesso 3
decimale	peso	8421	2421	nessuno
0		0000	0000	0011
1		0001	0001	0100
2		0010	0010	0101
3		0011	0011	0110
4		0100	0100	0111
5		0101	1011	1000
6		0110	1100	1001
7		0111	1101	1010
8		1000	1110	1011
9		1001	1111	1100

Dalla tabella possiamo vedere che il codice 8421 e il codice Aiken hanno pesi univoci, cioè ad ogni posizione è associato un determinato numero decimale.
Spesso si parla di codice BCD (per esempio nel 7447) intendendo il codice 8421, sebbene anche il codice Aiken e il codice ec-

cesso 3 siano codici BCD. Il codice 8421 ha tuttavia la particolarità di derivare dal sistema binario.
Vi sono numerosi altri tipi di codici, alcuni con cinque e più cifre binarie, sui quali tuttavia non ci soffermiamo. Vogliamo solo citare il codice 5/2 (codice 2 su 5), che permette un riconoscimento degli errori, poichè contiene sempre esttamente due 1.

12 Decodificatore BCD-7 segmenti

Poichè i contatori digitali lavorano soprattutto con i codici BCD 8421, non è possibile comandare direttamente gli indicatori del capitolo 10 con tali contatori. Tra contatore e indicatore andrà allora inserito uno stadio pilota e decodificatore. Tale stadio permette di collegare a massa i piedini degli indicatori nella successione desiderata.
Come decodificatore pilota BCD-7 segmenti abbiamo a disposizione due tipi, i componenti 7446 e 7447. I loro piedini sono identici, essi differiscono solo per la potenza.
Ci interessiamo all'IC 7447 (per la disposizione dei terminali vedi la fig. 12.1). Esso possiede quattro ingressi indicati con le lettere da A a D per l'ingresso delle cifre decimali codificate in codice BCD, e sette uscite a collettore aperto (massima tensione di uscita tollerata V = 15 V). Le uscite collegano a massa i segmenti necessari all'indicatore. La seguente tabella funzionale indica a quali uscite si può prelevare un segnale logico L.

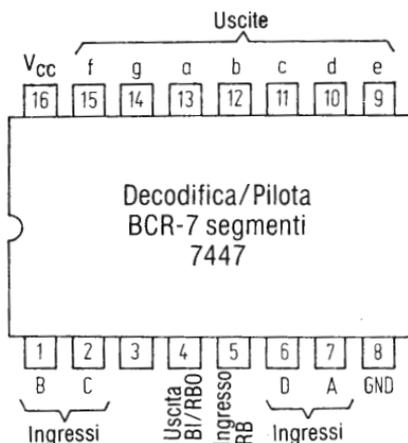



Fig. 12.1 Piedini del 7447

D	C	B	A	L_T	RB	RBO	Zero sui segmenti	Significato
L	L	L	L	H	H	H	a, b, c, d, e, f	0
L	L	L	H	H	X	H	b, c	1
L	L	H	L	H	X	H	a, b, d, e, g	2
L	L	H	H	H	X	H	a, b, c, d, g	3
L	H	L	L	H	X	H	b, c, f, g	4
L	H	L	H	H	X	H	a, c, d, f, g	5
L	H	H	L	H	X	H	c, d, e, f, g	6
L	H	H	H	H	X	H	a, b, c	7
H	L	L	L	H	X	H	a, b, c, d, e, f, g	8
H	L	L	H	H	X	H	a, b, c, f, g	9
X	X	X	X	X	X	L 1)	—	—
L	L	L	L	H	L	L 2)	—	—
X	X	X	X	L	X	H	a, b, c, d, e, f, g	LT

1) come ingresso
2) come uscita

X indica che all'ingresso può essere applicato qualunque stato. Nella tabella sono riportati altri tre ingressi (LT, RB, BI/RBO) con i quali si possono realizzare altre funzioni.
Vi è dapprima l'ingresso LT (Lamp-Test) che serve per verificare l'indicatore. Applicando a LT un segnale logico L e aprendo RB (applicandovi un segnale logico H), tutte le sette uscite, cioè tutti i sette segmenti, si illuminano.
L'ingresso RBI (Ripple Blanking Input) serve per la soppressione degli zeri. Ciò può essere desiderabile nei frequenzimetri digitali ed in apparecchi analoghi, per facilitare la lettura. Per esempio: invece del numero 000,057 viene indicato solo il valore ,057. Se all'ingresso RBI è applicato un segnale logico L e gli ingressi da A a D sono anche su L (corrispondente alla cifra 0) tutte le uscite sono su H, e lo zero si illumina.
Un ulteriore terminale BI/RBO (Blanking Input/Ripple Blanking Output) lavora contemporaneamente come ingresso e uscita. Nel caso descritto il terminale BI/RBO ha le funzioni di uscita. Esso è sempre allo stato logico L ed è così in grado di

sopprimere lo zero all'ingresso RBI. Si può così realizzare una soppressione degli zeri automatica.
Consideriamo il terminale BI/RBO come ingresso e applichiamogli mediante un interruttore un L logico; in tal caso l'indicatore si spegne, indipendentemente dagli altri ingressi. Si può dunque, a questo ingresso, mediante un periodico oscuramento per esempio con un modulatore di luminosità, comandare la luminosità dei segmenti. Poichè al terminale BI/RBO è contemporaneamente collegato un ingresso e una uscita, questo terminale può venir comandato solo con uscite a collettore aperto, per esempio il 7405. La necessaria resistenza di collettore (resistenza pull-up) è già contenuta nel 7447.
Come si vede dalla tabella funzionale, i tre ingressi LT, RBI e BI/RBO possono venir lasciati aperti (corrisponde al livello logico H) per lasciar proseguire il normale processo di indicazione.

13 Indicatore LED con decodificatore

In questo capitolo presentiamo delle indicazioni per un circuito con un indicatore a 7 segmenti. Abbiamo scelto per questo l'indicatore LED Data-Lit 747, che viene collegato con il decodificatore 7 segmenti 7447. Con il generatore di segnali descritto nel prossimo capitolo si possono verificare le funzioni del decodificatore 7446 o 7447 (scambiabili se montati su zoccolo). Si possono naturalmente portare verso l'esterno anche i terminali da 3 a 5 (vedi fig. 12.1) collegandoli con le boccole, per verificare tutte le funzioni.
Inoltre si possono rendere visibili, usando un contatore decimale, (per esempio il 7490) conteggi o rapporti di divisori.

Fig. 13.1 Circuito dell'indicatore LED con il decodificatore 7447

Elenco dei componenti del Data-Lit 747 con decodificatore di fig. 13.1

1 Data-Lit 747
1 7447
1 Zoccolo per IC da 16 piedini
1 Interruttore unipolare
8 Resistenze 150 Ω
4 Boccole
2 Boccole isolate rossa e blu
1 Piastrina 76 × 116 mm

Il circuito è riportato in fig. 13.1. Tra decodificatore e indicatore LED devono venir collegate delle resistenze. Il loro valore dovrà essere tra 50 e 200Ω. Il piedino 17 del Data-Lit 747 è un anodo comune. Gli altri terminali di anodo 4, 6, 12 possono essere trascurati, se si collega il terminale 17 con + 5 V.
Il punto decimale può venir inserito con un interruttore. Le foto 10 e 11 di tavola 4 mostrano l'indicatore completo.

14 Generatore di segnali con indicatore

Dopo la costruzione dell'indicatore, ci serve un generatore di segnali, per poter verificare il decodificatore con l'ingresso del codice BCD, e per poter rendere visibile il processo di indicazione. In fig. 14.1 è riportato il circuito di un generatore di segnali. Il generatore possiede quattro pulsanti unipolari S_A S_B S_C S_D e quattro uscite, indicate con le lettere A B C D. Le uscite sono collegate ognuna ad una lampadina.

Fig. 14.1 Circuito di un principio del generatore di segnali

Se tutti i pulsanti sono aperti, le uscite da A a D si trovano nello stato logico L, che corrisponde allo zero decimale. Premendo un pulsante la rispettiva uscita passa nello stato H. Con ciò si può, con questi quattro pulsanti, formare il codice BCD 8421. Il circuito completo del generatore è riportato in fig. 14.2, i collegamenti si possono riconoscere nella foto 12 di tavola 4.

Il generatore di segnali può naturalmente venir utilizzato per la verifica di altri circuiti logici. L'utilità consiste nel fatto che lo stato logico delle uscite è ben visibile. Con questo circuito sono terminate le indicazioni di costruzione. Raccogliendo tutti i cir-

Fig. 14.2 Circuito del quadruplo generatore di segnali con indicatore

Elenco dei componenti

1 7400
1 Zoccolo a 14 piedini
1 Pulsanti unipolari
4 Transistori 2 N 706 o simili
4 Resistenze 7,5 k Ω
4 Portalampade
4 Lampadine (6V/30 mA)
4 Boccole
1 Boccola isolata blu
1 Boccola isolata rossa

cuiti su di una piastra per esperimenti, come si vede nella foto 1 di tavola 1, si possono collegare in parallelo tutte le boccole per + 5 V (rosse) e per il negativo (blu) così che si può alimentare l'intera piastra con la tensione per i singoli IC, ed i singoli circuiti non debbono venir collegati extra con l'alimentazione di tensione.

Foto 7. Due interruttori senza rimbalzi vengono realizzati con un 7400. La foto mostra la parte dei collegamenti

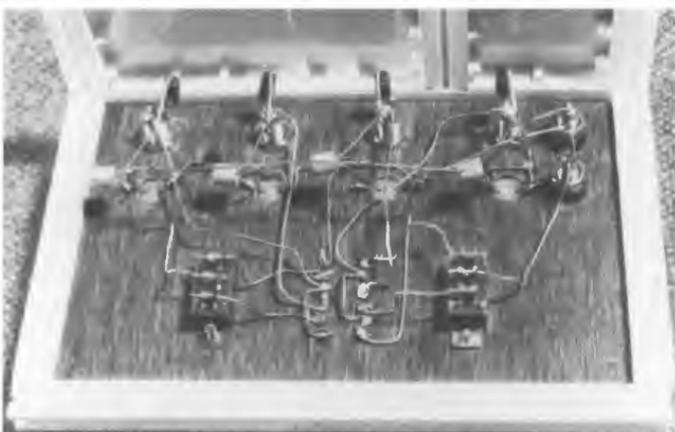



Tavola 3

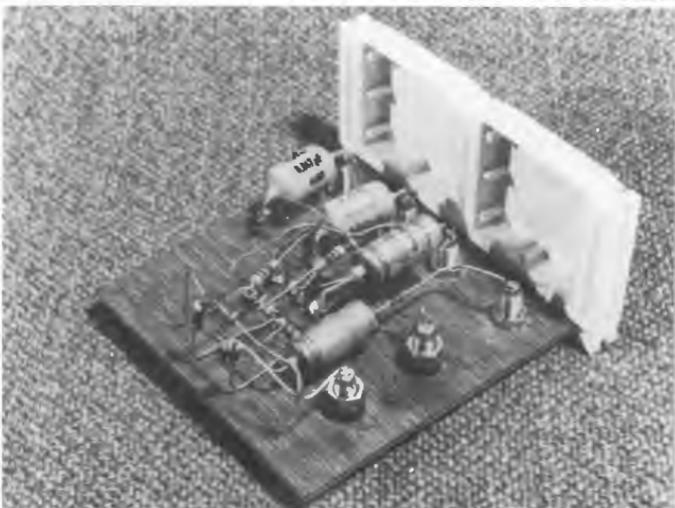



Foto 8. I due generatori di clock da 2 Hz e 5 Hz sono riuniti in un unico circuito. È visibile la parte dei collegamenti

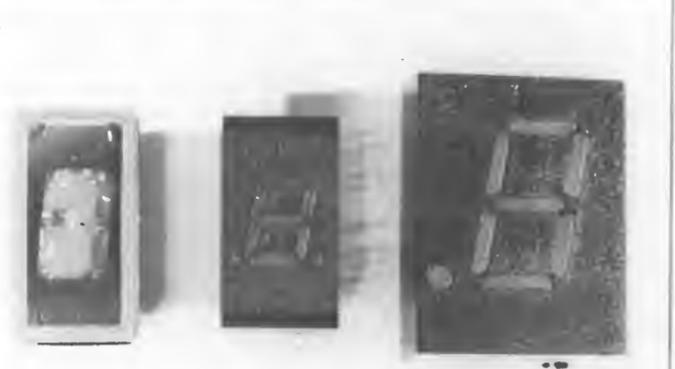



Foto 9. Tre diversi indicatori a sette segmenti, a sinistra un Minitron 3015 F, nel centro un Data-Lit 707 da 8 mm e a destra un Data-Lit 747 da 15 mm

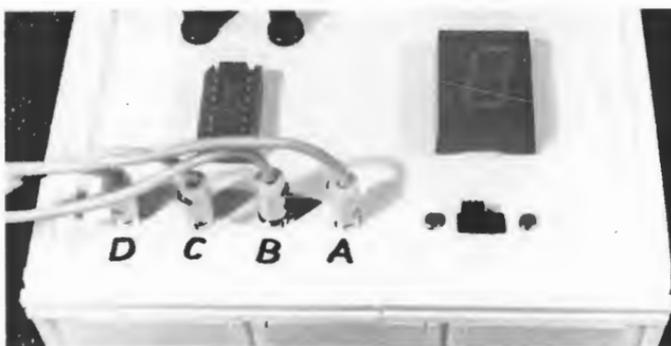



Foto 10. L'indicatore LED Data-Lit 747 collegato con un decodificatore 7447

Foto 11. Parte dei collegamenti del dispositivo di foto 10

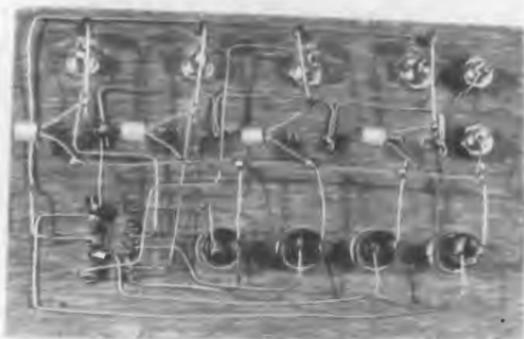



Tavola 4

Foto 12. Parte dei collegamenti del generatore di segnali, con cui si può generare il codice BCD

Foto 13. Rapporti di divisione di un divisore di frequenza 1:3 con il 7490. In alto gli impulsi di clock, sotto il segnale diviso per 3

15 Contatore decimale asincrono 7490

15. 1 7490 come contatore

Fig. 15.1 Contatore decimale asincrono 7490

L'IC 7490 consiste essenzialmente di quattro flip flop master/slave collegati internamente in modo da formare un contatore fino a 5 e un contatore fino a 2. Lo schema funzionale e il collegamento dei piedini si possono vedere in fig. 15.1. Tutti e quattro i flip flop, ognuno dei quali ha due ingressi di reset possono essere contemporaneamente azzerati (ingressi $R_{0(2)}$e $R_{0(1)}$, piedini 6 e 7). Segue la tabella funzionale per il reset del contatore.

$R_{0(1)}$	$R_{0(2)}$	$R_{9(1)}$	$R_{9(2)}$	D	C	B	A
H	H	L	X	L	L	L	L
H	H	X	L	L	L	L	L
X	X	H	H	H	L	L	H
X	L	X	L	conta			
L	X	L	X	conta			
L	X	X	L	conta			
X	L	L	X	conta			

X sta per qualunque stato logico dell'ingresso

Dalla tabella funzionale vediamo che almeno uno dei due in-

gressi di reset (R_0 e R_9) deve stare su L, affinchè il contatore conti.
L'uscita A del primo flip flop non è collegata internamente con lo stadio seguente. Così si ottengono tre tipi di funzionamento.

1. Conteggio in codice BCD fino a 10.
Ciò avviene collegando l'uscita A (piedino 12) con l'ingresso BD (piedino 1) e applicando il segnale (per esempio dal generatore 2 Hz o da un interruttore senza rimbalzi) all'ingresso A. (Il flip flop commuta sul fronte negativo dell'impulso di conteggio). Il contatore conta in codice BCD 8421 fino a 9 e commuta quindi al 10° impulso, mediante i collegamenti interni, nuovamente sullo zero. La tabella funzionale è già nota:

Clock	D	C	B	A
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H

Con questo contatore possiamo costruire un contatore decimale completo, usando un decodificatore BCD e un componente indicatore (vedi cap. 13).
2. Conteggio fino a 2 e fino a 5.
Ciò è possibile senza collegamento esterno. Il flip flop A viene utilizzato come divisore per 2 (ingresso A piedino 14 e uscita A piedino 12). I FF B, C e D sono collegati come contatore per 5. Gli impulsi di conteggio vengono applicati all'ingresso BD, piedino 1.

Alle uscite B (piedino 9) C (piedino 8) e D (piedino 11) si possono prelevare i segnali di uscita in codice binario.
Al 5° impulso i flip flop si azzerano.
I due contatori (per 2 e per 5) lavorano indipendentemente l'uno dall'altro e possono venir utilizzati separatamente o assieme. L'ingresso di reset agisce tuttavia unitamente sui due contatori.

3. Conteggio in codice simmetrico fino a 10.
Nel caso si desideri un tale codice, lo si può generare collegando l'uscita D con l'ingresso A. Come ingresso di impulsi di conteggio si utilizza l'ingresso BD. La tabella funzionale è facile da costruire.
All'uscita A si può prelevare un segnale ridotto di 1:10 simmetrico con gli impulsi di conteggio.

15. 2 Divisore di frequenza con il 7490

Il contatore decimale asincrono 7490 si può utilizzare non solo come contatore, ma anche come divisore di frequenza. Senza ulteriori collegamenti è possibile usarlo come divisore per 2 (ingresso A, uscita A, vedi schema dei terminali) e come divisore per 5 (ingresso BD, uscita D). Collegando l'uscita A con l'ingresso BD e applicando la frequenza da dividere all'ingresso A, all'uscita D si può prelevare una successione di impulsi asimmetrica ridotta di 1:10. Con questo tipo di funzionamento si deve applicare almeno uno degli ingressi di reset R_0 e R_9 al logico L.
Oltre a questi rapporti fissi di 1:2, 1:5 e 1:10, il divisore 7490 può venir regolato, mediante un accoppiamento reattivo esterno, anche su altri rapporti tra 1:1 e 1:10. Per questo si utilizzano i due ingressi di reset R_0. Gli ingressi di reset R_9 restano sempre collegati con L.
In fig. 15.2 è riportato un divisore di frequenza con rapporto 1:3.
Riconosciamo che l'uscita A è collegata con l'ingresso BD e che

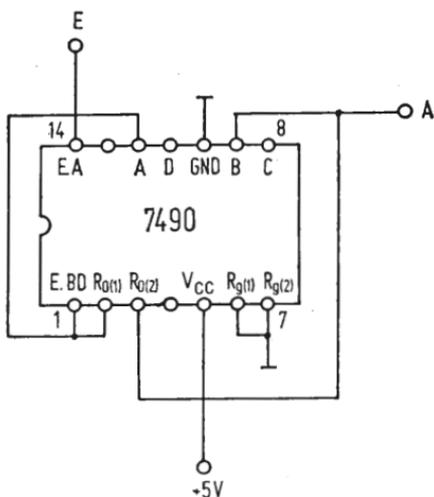



Fig. 15.2 Divisore di frequenza 1:3 con 7490

l'ingresso A viene usato come ingresso di clock. Osserviamo per questo tipo di funzionamento la relativa tabella funzionale del paragrafo 15.1 e vediamo che al 3° impulso di clock, e solo allora, le due uscite A e B vanno su H. Queste uscite sono ora, come riconosciamo da fig. 15.2, retro-accoppiate con gli ingressi di reset $R_{0(1)}$ e $R_{0(9)}$. Perciò il contatore si riazzera al terzo impulso di clock. All'uscita B si può prelevare il segnale dell'ingresso E ridotto nel rapporto 1:3.

La fig. 13 di tavola 4 mostra il rapporto di divisione.

I segnali sono rappresentabili su di un oscilloscopio ad un fascio dotato di deviatore a quattro canali.

Osserviamo la tabella funzionale. Al 4° impulso di clock l'uscita C riceve un segnale H. Collegando questa sui due ingressi di reset R_0, otteniamo un divisore 1:4. Al 5° impulso di clock le due uscite A e C sono su H. Colleghiamole su $R_{0(1)}$ e $R_{0(2)}$ e otteniamo un divisore per 5. Al 6° impulso di clock le uscite B e C sono su H. Il retro-accoppiamento ci dà un divisore per 6. All'8° impulso di clock solo l'uscita D è su H. Collegando questo segnale coi due ingressi di reset si realizza un divisore per 8. Al 9° impulso di clock le uscite A e D sono al livello logico H. Col retro-accoppiamento si ottiene un divisore per 9.

Per poter riconoscere queste divisioni di frequenza anche visivamente, dobbiamo disporre di un oscilloscopio a due canali (o un oscilloscopio ad un canale con commutatore per più canali). Ci possiamo però arrangiare anche diversamente. La fig. 15.3

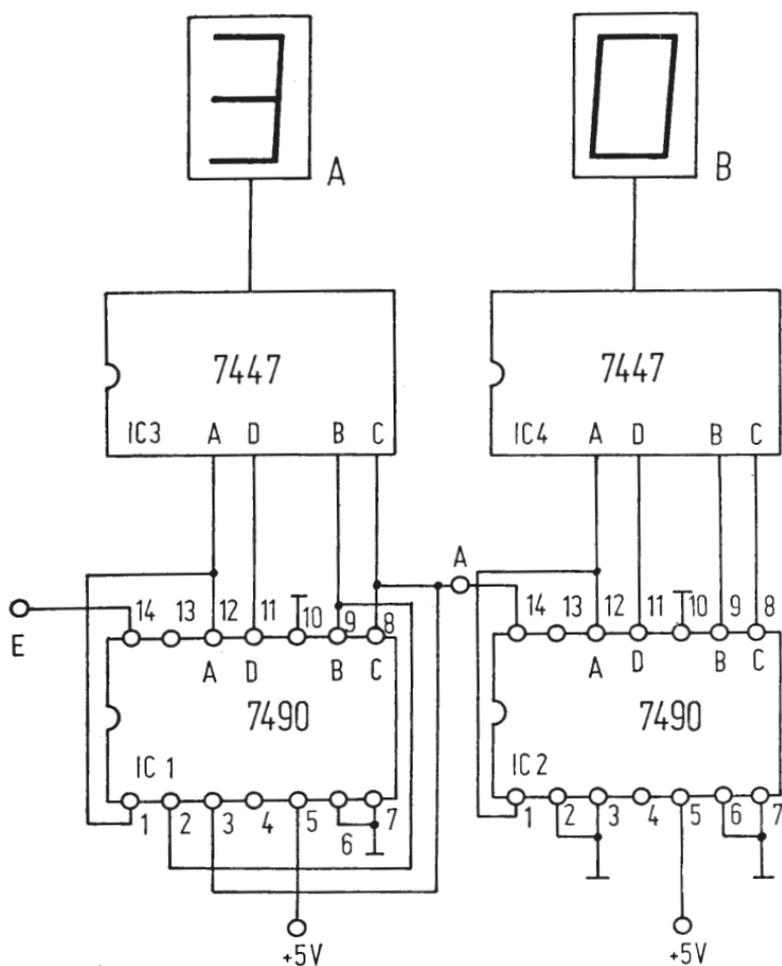



Fig. 15.3 Circuito per la rappresentazione dei rapporti di divisione di frequenza di un 7490

mostra un apparato sperimentale con cui i rapporti di divisione si possono rendere visibili con l'aiuto di due indicatori LED. IC1 è il contatore da esaminare. In questo esempio esso è collegato con un divisore per 6. Le sue uscite da A a D vanno a IC3, un 7447, a cui è collegato l'indicatore LED a sette segmenti A.

L'uscita A del divisore per 6 è collegata con l'ingresso di un secondo contatore (IC2) che a sua volta è collegato mediante un 7447 (IC4) con un indicatore LED.
L'indicatore LED A conta gli impulsi di clock, nel nostro caso da 0 a 5, l'indicatore LED B conta solo gli impulsi di uscita. Nel nostro caso indicherà 1 quando l'IC1 torna da 5 a 0. All'ingresso E possiamo applicare il generatore di impulsi da 2 Hz o anche l'impulso di clock con un interruttore senza rimbalzi.
Nel paragrafo 15.1 abbiamo, come terza possibilità di conteggio, il conteggio in un codice simmetrico fino a 10. Da una tabella funzionale si riconoscerebbe che senza circuiteria aggiuntiva all'uscita D si può prelevare un segnale ridotto di 1:5 e all'uscita A un segnale simmetrico ridotto di 1:10. Qui impulsi e pause sono di ugual durata. Ciò può essere comodo in molti casi. Mediante un ulteriore retroazionamento si possono inoltre ottenere i rapporti 1:2, 1:3, 1:4, 1:6, 1:7 e 1:9.

Collegando in serie due contatori decimali 7490 in modo che 1) in ambedue le uscite A siano collegate agli ingressi BD, 2) l'ingresso A del primo contatore venga utilizzato come l'ingresso di clock e 3) la sua uscita D venga collegata con l'ingresso A del secondo contatore, si può contare fino a 100 oppure prelevare all'uscita D del secondo contatore un segnale ridotto nel rapporto 1:100.
Con una spesa ulteriore si possono ottenere tutti gli altri valori intermedi. Tuttavia tutti i numeri che, secondo la tabella funzionale, presentano in ognuno dei due contatori un unico segnale H alle quattro uscite da A a D, si possono ottener mediante un semplice retro-accoppiamento. Si tratta dei numeri 11 12 14 18 21 22 24 28 41 42 48 81 82 84. Se si utilizzano escusivamente le uscite del secondo contatore, si aggiungono i numeri 20 30 40 50 60 70 80 e 90. Come esempio in fig. 15.4 è riportato un divisore di frequenza con il rapporto 1:24. L'IC2 è per le decine.
Ambedue gli IC contano normalmente fino a 20. Essi vengono azzerati quando IC2 sta sul 2 (l'uscita B porta il segnale H) e inoltre IC1 sta su 4 (l'uscita C riceve un segnale H). Il segnale

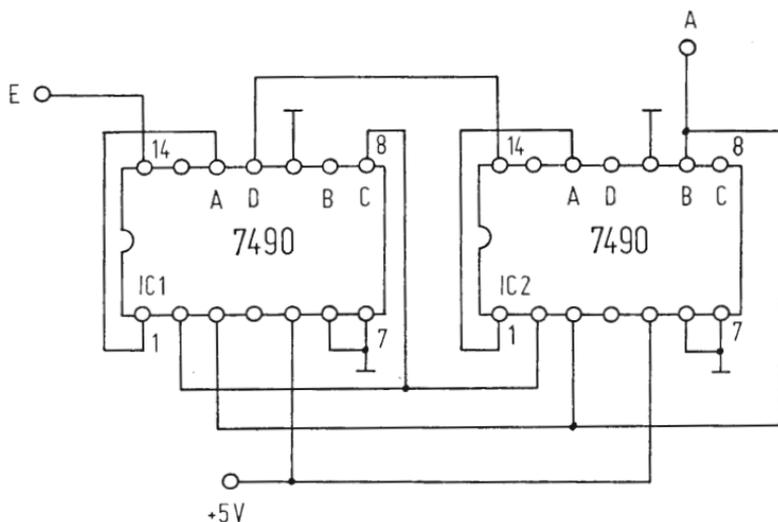



Fig. 15.4 Divisore di frequenza 1:24 con due 7490

ridotto di 1:24 si può prelevare all'uscita B di IC2. Anche questa divisione di frequenza è rappresentabile otticamente, collegando ai due contatori dei 7447 e utilizzando questi ultimi per il pilotaggio di indicatori LED. Così viene effettuato il conteggio da 0 a 23.
Per fissare l'impulso di uscita, si dovrebbe collegare all'uscita B di IC2 un altro contatore decimale completo (7490, 7447 e indicatore LED).
I divisori di frequenza con il rapporto di 1:50, 1:60 e 1:24 si utilizzano per realizzare orologi digitali con singoli IC. Oggigiorno vi sono componenti integrati per orologi completi di tutte le funzioni possibili. Ma per ottenere per esempio una determinata frequenza da un oscillatore a quarzo, sono sempre necessari divisori di frequenza con determinati rapporti di divisione.

16. Raccolta di formule usuali

Legge di Ohm (per correnti continue)

$$I = \frac{V}{R}$$ I corrente in Ampere

$$R = \frac{V}{I}$$ R resistenza in Ohm

Potenza

$$P = V \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$$ P potenza in Watt

Collegamento in serie di resistenze

$$R = R1 + R2 + \cdots + Rn$$

Collegamento in parallelo di resistenze

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \cdots + \frac{1}{Rn}$$

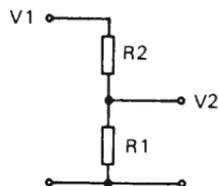
Collegamento in serie di condensatori

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \cdots + \frac{1}{Cn}$$ C capacità in Farad

Collegamento in parallelo di condensatori

$$C = C1 + C2 + \cdots + Cn$$

Partitore di tensione

$$V2 = \frac{R1}{R1 + R2} V1$$

Reattanza di un condensatore in corrente alternata

$$X_C = \frac{1}{6,28 \cdot f \cdot C}$$

X_C reattanza in Ohm

f frequenza in Hertz

Circuito oscillante

$$f_o = \frac{1}{6,28 \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

L induttanza in Henry

λ lunghezza d'onda in metri

$c = \lambda \cdot f = 3 \cdot 10^8$ m/s = velocità della luce

Condensatore d'accoppiamento in un preamplificatore

$$C = \frac{1}{6,28 \cdot f \cdot R}$$

f frequenza minima da amplificare in Hertz

R impedenza d'ingresso del prossimo stadio in Ohm

Rendimento di uno stadio finale

$$N = \frac{100 \cdot P_o}{P}$$

N rendimento percentuale

P_o potenza del segnale in uscita in Watt

P potenza d'ingresso in c.c. in Watt

Unità di misura per la tensione: Volt (V)

$1\ \mu V = 10^{-6}\ V$ $\quad$ $1\ kV = 10^3\ V$

$1\ mV = 10^{-3}\ V$ $\quad$ $1\ MV = 10^6\ V$

Unità di misura per la corrente: Ampere (A)

$1\ nA = 10^{-9}\ A$ $\quad$ $1\ mA = 10^{-3}\ A$

$1\ \mu A = 10^{-6}\ A$ $\quad$ $1\ kA = 10^3\ A$

Unità di misura per la resistenza: Ohm (Ω)

$1\ k\Omega = 10^3\ \Omega$ $\quad$ $1\ M\Omega = 10^6\ \Omega$

Unità di misura per la capacità: Farad (F)

$1\ pF = 10^{-12}\ F$ $\quad$ $1\ \mu F = 10^{-6}\ F$

$1\ nF = 10^{-9}\ F$ $\quad$ $1\ mF = 10^{-3}\ F$

Unità di misura per la frequenza: Hertz (Hz)

$1\ kHz = 10^3\ Hz$ $\quad$ $1\ GHz = 10^9\ Hz$

$1\ MHz = 10^6\ Hz$

Unità di misura per l'induttanza: Henry (H)

$1\ mH = 10^{-3}\ H$ $\quad$ $1\ nH = 10^{-9}\ H$

$1\ \mu H = 10^{-6}\ H$

Abbreviazioni

Sottomultipli	Multipli
m = milli (10^{-3})	k = kilo (10^3)
μ = micro (10^{-6})	M = mega (10^6)
n = nano (10^{-9})	G = giga (10^9)
p = pico (10^{-12})	

17. Indice analitico

biblioteca tascabile elettronica

coordinata da Mauro Boscarol

10 hanns-peter siebert **L. 3.200**

Verifiche e misure elettroniche

In elettronica le possibilità di misura e verifica sono importanti presupposti per un lavoro serio e competente. Non è tuttavia necessario possedere ad ogni costo strumenti molto costosi. Per le misure e verifiche più diverse si possono usare metodi anche curiosi ed in parte non convenzionali, realizzabili in maniera molto economica ma che tuttavia rendono possibile un giudizio sufficientemente preciso sulla grandezza oggetto di misurazione.
Nel presente volume l'autore ha riassunto le molteplici possibilità per la determinazione delle più importanti grandezze e proprietà elettriche e elettroniche.
La maggior parte delle realizzazioni riguardano le basse tensioni, nel cui ambito si muovono generalmente i dilettanti, ma non mancano circuiti di verifica per le alte tensioni.
Naturalmente i diversi metodi sperimentati dall'autore in molti anni di pratica, possono combinarsi l'un l'altro, rendendoli adatti a compiti particolari. Ogni dilettante potrà trarre da questo libro numerosi suggerimenti per il proprio hobby.

11 richard zierl

L. 2.400

Come si costruisce un amplificatore audio

Radio, giradischi, registratori, televisori fanno ormai sempre più parte della nostra vita. Ma non sempre possiamo sfruttare questi apparecchi nel pieno delle loro possibilità. Questo volume descrive la costruzione di amplificatori audio, con l'aiuto dei quali si possono ottenere riproduzioni ottimali di musica e parlato. Nel realizzare i circuiti si apprendono preziose notizie su preamplificatori, controllo dei toni, stadi finali in controfase, alimentatori, miscelatori, oltre a informazioni su tipici componenti elettronici, come transistori FET e circuiti integrati. Il lettore potrà coronare la propria esperienza con la realizzazione di un amplificatore universale di ottime prestazioni.

12

L. 2.400

Come si costruisce un tester

Il volume descrive un tester con cui si possono effettuare misure di tensioni continue e alternate da 3 mV fino a 1000 V, correnti da 5 μA fino a 1 A e resistenze da 1Ω fino a 50 MΩ e con cui verificare diodi, diodi Zener, transistori, FET, condensatori. Lo strumento viene alimentato da due alimentatori, ed è provvisto di regolazione elettronica della tensione e di generatore di onde quadre. Nel testo e nelle illustrazioni sono contenuti tutti i dati, le indicazioni e i consigli per la realizzazione del tester e del suo contenitore.

biblioteca tascabile elettronica

coordinata da Mauro Boscarol

circuiti dell'elettronica digitale

I circuiti integrati degli ultimi anni raggruppano migliaia di funzioni su chip di pochi millimetri quadrati e di basso costo. Per queste ragioni tali circuiti sono interessanti anche per gli esperimenti dell'hobbysta. Questo libro permette di conoscere i circuiti digitali e di verificarli, costruendo un sistema sperimentale completo.
Dall'indice: Alimentatori, adattatori, generatori di segnale, generatori di clock, flip flop, indicatori a sette segmenti, contatori decimali asincroni.
Un libro per tutti coloro che vogliono accedere all'elettronica più moderna.

1	Hanns-Peter Siebert	L'elettronica e la fotografia (L. 2.400)
2	Richard Zierl	Come si lavora con i transistori (L. 2.400) Prima parte: i collegamenti
3	Heinrich Stöckle	Come si costruisce un circuito elettronico (L. 2.400)
4	Heinz Richter	La luce in elettronica (L. 2.400)
5	Richard Zierl	Come si costruisce un ricevitore radio (L. 2.400)
6	Richard Zierl	Come si lavora con i transistori (L. 2.400) Seconda parte: l'amplificazione
7	Helmut Tünker	Strumenti musicali elettronici (L. 2.400)
8	Heinrich Stöckle	Strumenti di misura e di verifica (L. 3.200)
9	Heinrich Stöckle	Sistemi d'allarme (L. 2.400)
10	Hanns-Peter Siebert	Verifiche e misure elettroniche (L. 3.200)
11	Richard Zierl	Come si costruisce un amplificatore audio (L. 2.400)
12	Waldemar Baitinger	Come si costruisce un tester (L. 2.400)
13	Henning Gamlich	Come si lavora con i tiristori (L. 2.400)
14	Richard Zierl	Come si costruisce un telecomando elettronico (L. 2.400)
16	Karl-Heinz Biebersdorf	Circuiti dell'elettronica digitale (L. 2.400)
17	Frahm/Kort	Come si costruisce un diffusore acustico (L. 2.400)
18	Waldemar Baitinger	Come si costruisce un alimentatore (L. 3.200)
19	Heinrich Stöckle	Come si lavora con i circuiti integrati (L. 2.400)
20	Heinrich Stöckle	Come si costruisce un termometro elettronico (L. 2.400)
21	Richard Zierl	Come si costruisce un mixer (L. 2.400)
22	Richard Zierl	Come si costruisce un ricevitore FM (L. 2.400)

ISBN 88-7021-059-6

L. 2.400 (2264)